

청소년을 위한 “이동과학교실” 사례연구를 통한 재미있는 과학의 특성 연구

황성원 · 최정훈 · 황복기
(한양대학교 과학교육연구센터)

Young People's Enjoyment of Science through the “Mobile Science Lab” Program

Hwang, SungWon · Choi, Jung Hoon · Hwang, Bookkee
(Science Education Research Center, Hanyang University)

ABSTRACT

The “Mobile Science Lab” is a public program designed to bring teenagers to be engaged in the activities of science and technology. In this study, we attended to elementary school students' participating actions in the program and intended to understand their enjoyment of science from sociocultural and practical perspectives. By drawing on case materials culled from our database, we articulated the features of the enjoyable science activities in the form of two major claims. First, students had rich opportunities to communicate emotionality, which therefore grounds emerging actions on the positive emotional valence. Second, ongoing actions opened up new action possibilities not only to the actors themselves, but also to other community members. The results of this study constitute theoretical frameworks for understanding enjoyment without dichotomizing emotion and cognition, and thereby contribute to designing enjoyable activities of learning science.

Key words : participation, enjoyment, emotionality, science show, Mobile Science Lab

I. 연구의 배경과 목적

최근 발표된 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)와 PISA(Programme for International Student Assessment)와 같은 학업성취도 국제비교 연구결과에 따르면 우리나라 학생들의 과학·수학 성적은 최상위권이지만 학습에 대한 자신감(self-confidence), 선호도(valuing), 흥미와 즐거움(interest and enjoyment) 등의 정의적 영역에서는 그 수준이 최하위에 머물고 있다(Martin *et al.*, 2004; OECD, 2004). 예를 들어, TIMSS의 경우 “나는 과학 학습을 즐긴다(I enjoy learning science)”라는 항목에 대해 학생들로 하여금 동의하는 정도를 표시하도록 요청하였는데, 이에 대해 동의하지 않는다고 응답한 한국 학생들의 비율이 62%에 이르러 참가국 전체

평균 23%에 비해 훨씬 높았다. 만일, 학습자가 특정한 형태의 문제해결에 숙달된 모습을 보이기도 하지만 그 과정이 즐겁지 않다고 느끼고 오히려 학습에서 소외되고 있는 것이라면, 이것은 학습자 개인에게 뿐 아니라 교육시스템을 운영하고 있는 사회 전체에게도 불행한 일이다.

좋고 싫음과 연관된 정서성(emotionality)은 인간을 비롯한 유기체가 자신이 속해있는 물질적 사회적 환경에 대해 취하는 가장 기초적인 반응으로서 인간의 경우 공동체 내에서의 상호작용을 통해 더욱 복잡한 형태를 띠게 되는 사회적 행동의 한 형태이다(Holzkamp, 1983). 과학학습의 과정에서 일어나는 정서적인 평가는 그 대상에 대한 인지적 평가와 함께 교사와 학습자들 간의 다양한 의사소통을 통해 드러나고 발전해간다(예, Zembylas, 2004). 즉, 과학 실험,

문제해결, 토론 등의 활동에 학습자가 얼마나 능동적인 태도로 참여하고 몰두하는가와 같은 정의적 태도는 주어진 활동 자체의 논리적인 구조만으로는 충분히 설명될 수 없으며 이와 함께 학습자의 시각에서 그 공동체 활동에 참여함으로써 경험하게 되는 학습자의 정서와 불가분의 관계를 가진다.

학습자의 정서를 인지활동과는 무관한 것으로 간주하거나 학생들이 좋아하는 것만 좇아서 어떻게 교육을 하겠냐고 반문하는 경우도 있지만, 과학이 싫거나 재미없다는 학생들의 표현 속에는 개인의 취향만으로는 환원될 수 없는 학교 과학의 (재)생산 시스템에 대한 정서가 전제되어 있다는 점을 간과해서는 안 된다. 예를 들어, 과학수업시간에 교사로부터 인정받거나 시험에서 좋은 성적을 거둘 수 있는 형태의 지식을 소통하는데 익숙한 학생은 학교과학에 긍정적인 태도를 지닐 것이 예상된다. 그러나 자신의 참여가 사회적으로 인정받을 수 있는 결과로 연결되지 못하는 경험을 가진 학생들에게는 과학은 소외감을 유발하는 재미없는 활동일 수밖에 없다. 결국, 재미(enjoyment)의 정서적 측면은 학습자가 참여하고 있는 공동체 활동의 목표 및 구성원들과 형성하게 되는 공감대와 밀접한 관계가 있기에 인지의 사회적 속성과 불가분의 관계를 가지며 따라서 과학 활동이 전개되고 있는 공동체의 문화 속에서 이해되어야 한다.

1980년대 이후 과학교육자들 사이에서 대중을 위한 과학 또는 과학 대중화에 초점을 맞춘 교육적 시도들이 널리 보급되어왔다(예, 송진웅, 1999). 국내에서도 과학 대중화와 관련된 다양한 프로그램들이 교육 기관 및 학교 밖 단체들에 의해 이루어지고 있고(박승재, 2000), 특히 청소년을 대상으로 하는 과학교실, 과학캠프 등은 학생들에게 학교 중심의 정규 교육과정과 다른 관점에서 과학 문화를 체험할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 이들 프로그램의 무엇보다 중요한 한 가지 차별점은 “재미있는 과학”이라는 말로 표현될 수 있을 것인데, 이는 의무적인 참여를 전제로 하고 있는 학교과학 시스템과 달리 과학 대중화사업은 대중의 선택적이고 자발적인 참여에 바탕을 두고 있고 따라서 과학 활동의 재미(즐거움)가 대중성을 확보하기 위한 중요한 요인으로 부각될 수밖에 없기 때문이다.

본 연구의 목적은 재미있는 과학을 추구하는 과학 대중화 사업이 청소년들에게 제공하는 다양하고 독특

한 참여와 소통의 기회를 분석함으로써 재미(즐거움)로 표현되는 과학 활동의 인지적이면서 동시에 정서적인 측면을 이해하는데 있다. 본 연구는 과학학습이 본질적으로 학습자의 공동체적 정서 발달과 불가분의 관계에 있고 따라서 사회적인 과정이라는 관점을 바탕으로 하여 과학 대중화 프로그램에 참여한 청소년이 어떻게 과학문화를 경험하고 이것이 과학 활동의 특성과 어떻게 연관되어 있는지 구체적 사례를 분석하고 이론화한다.

III. 연구의 내용 및 방법

학습에 대해 사회문화적이고 실천적인 접근을 취할 때 중요하게 대두되는 개념은 “참여(participation)”이다(Lave, 1988, 1993; Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998). 참여는 사회적으로 문화적으로 구조화된 세계 그리고 그 내에서 공동체 구성원들의 적극적인 관계 맺음을 전제로 하고 있다. 참여를 중심으로 앎, 사고, 학습에 대해 설명할 때 분석의 단위가 되는 것은 항상 구체적인 상황 속에 있는 행위자들(persons-acting-in-setting)이다. 개인의 머릿속에서 일어나는 일과 외부 상황을 이분법적으로 구분하여 행위의 근원을 어느 한쪽으로 환원하기보다는, 참여 행위 그 자체에 초점을 맞추는 것이다.

참여행위를 분석하기 위해서는 행위자가 몸담고 있는 사회문화적 활동의 구조를 이해할 필요가 있다(Engeström & Miettinen, 1999; Leont'ev, 1978; Roth et al., 2005). 개별 학습자의 구체적인 행위(action)는 학습자가 속해있는 공동체 활동(activity)을 고려하지 않고 이해될 수 없을 뿐 아니라 동시에 공동체 활동은 개별 학습자의 구체적인 행위 없이 존재할 수 없기 때문이다. 예를 들어, 어떤 특정한 시간에 무대를 향해 앉아있거나, 서서 무대를 바라보거나, 말을 하거나, 무대를 향해 걸어가는 행위는 과학대중화 사업으로서 이동과학교실이라는 사회문화적 활동의 구체적인 실현 형태이며, 그 행위들은 이동과학교실이라는 활동 속에서 의미(sense) 관계를 형성한다. 참여행위는 행위자의 신체를 통해 구현되며, 이 때 시선, 몸짓, 음성의 높이와 세기, 발걸음의 속도 등과 같은 신체의 세부적인 움직임(operation)은 행위가 지향하는 바를 향해 정렬하게 된다. 따라서, 신체화된(embodied) 참여 행위는 행위자가 세계와 관계를 맺고 그 관계를 변화시키는 물질적 자원이면서 동시에

연구자를 포함한 타자가 행위자의 생활세계¹에서 현재 무엇이 부각되고 있는지 알게 해주는 의사소통의 자원이 된다(예, Hwang & Roth, 2004; Hwang *et al.*, 2005).

행위자는 신체와 마음과 정서를 통해 활동에 참여하는 총체적인 사람이다. 여기서 신체와 마음과 정서는 종종 이를 소유한 것으로 여겨지는 개별 사람을 상정하게 하고 따라서 사고와 정서를 개별 참여자가 지닌 특정한 속성의 표현이라고 여기게 만들기 쉬우나, 참여를 중시하는 관점에서 볼 때 행위자가 행하고 생각하고 느끼는 것은 항상 참여라는 사회문화적이고 실천적인 상호작용을 통해 일어나는 “과정”이고 따라서 사고와 정서는 항상 개인적이면서도 동시에 사회적인 속성을 지닌다. 즉, 사고와 정서는 구체적인 행위를 통해 활동에 참여하는 “과정”이다.

과학활동을 통해 경험하게 되는 “재미(즐거움)” 또한 이와 같이 참여 속에 일어나는 인지적이고 정서적인 과정이라고 볼 수 있다. 재미를 개인적 속성의 산물이나 또는 외부 환경에 의해 기계적으로 유도된 산물이라고 여기기보다는 행위자가 참여라는 사회문화적 상호작용을 통해 자신의 생활세계에서 능동적으로 물질적 사회적 관계를 형성하는 과정에서 발현되는 인지적 정서적 특성이라고 보는 것이다. 본 연구에서는 이동과학교실에 참여한 초등학생들의 참여행위를 이러한 관점에서 분석함으로써 과학 활동의 재미와 관련된 두 가지 측면을 다음과 같이 정리하였다. 첫째, 재미있는 과학 활동은 청소년들로 하여금 과학의 주제와 용어에 대한 정서를 발전시킬 기회를 제공할 수 있어야 한다. 둘째, 재미있는 과학은 현재의 참여행위를 통해 새로운 가능성이 열리는 것을 체험할 수 있는 기회를 제공해야 한다. 다음 장에서는 각 측면을 구체적인 사례 분석을 토대로 논의한다.

참여행위에 대한 분석을 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 질적 연구 방법을 도입하였다. 최근 6개월간 이동과학교실 프로그램에 참여한 청소년들의 활동을 비디오카메라로 촬영하여 데이터베이스로 구축하였다. 매 행사마다 6mm 캠코더 두 대로 평균 3시간 분량의 자료를 수집하였고, 행사가 끝난 뒤 비디오 편집용 컴퓨터 프로그램을 이용하여 비디오테이프에 녹화된 자료를 디지털 파일로 변환하였다. 연구자는

동영상을 반복해서 보면서 비디오 분석을 수행하였는데, 거시적으로는 프로그램 참가자들의 다양한 행동 특성을 이동과학교실이라는 과학기술문화활동이 제공하는 가능성의 구체적인 발현 형태로 파악하면서 미시적으로는 참가자들의 언어적 및 비언어적 상호작용에 초점을 맞추는 분석을 수행하였다. 연구자는 초당 100프레임의 동영상을 프레임 단위로 넘기면서 가설을 세우고 제기된 가설을 다양한 사례들을 대상으로 검증하고 정교화하는 반복적인 작업을 장기간에 걸쳐 수행하였다. 특히, 음성분석을 병행하여 사회적 상호작용의 정서적 측면을 분석하였는데, 공개 소프트웨어로 개발되어 음성학 연구에 널리 쓰이고 있는 프랫(PRAAT)을 사용하여 피치분석을 수행하였다(<http://www.praat.org>).

III. 사례 연구

본 연구에서는 과학 대중화 사업의 사례로서 한양대학교 과학교육연구센터에서 수행해오고 있는 이동과학교실을 선택하였다. 한양대 과학교육연구센터는 2002년도부터 청소년 과학교육 대중화 및 저변확대를 위해 과학대중화사업단을 두고 이동과학교실, 첨단체험과학실험 프로그램, 과학 강연극, 멘토링, 부모님과 함께하는 이공계 진학 진로 특강, 첨단 과학체험을 위한 기기 개발, 과학기술마니아 경진대회 등의 사업을 기획하고 실행해왔는데, 이들 중 특히 이동과학교실은 실험 및 영상장비를 갖춘 이동과학차를 이용하여 청소년에게 연구형태의 과학쇼, 직접 해보는 체험과학실험실습, 그리고 전문가에 의한 과학강연 등의 다양한 프로그램에 참여할 기회를 제공해왔다.

본 연구에서 “이동과학교실”을 선택한 이유는 과학 학습의 방향이 대중성에 긴밀하게 연관되어 있기 때문이다. 첫째, 이동과학교실은 청소년에게 과학기술전문가와 “조직적”으로 만날 수 있는 기회를 제공한다. 현재까지 이동과학차는 200여 곳이 넘는 전국의 초·중·고등학교 및 과학축전 현장을 방문해왔으며, 매 행사마다 자연과학분야에 박사학위를 소지하고 연구 경력을 지닌 과학기술 전문가가 십여 명의 연구원들과 함께 대중화 사업을 위해 자체 개발한 장비들을 설치하고 공연과 실험 프로그램을 진행한다. 따라서 학생들이 이러한 프로그램에 참여함으로써 보고 듣게

¹ 똑같은 물리적 환경이라고 할지라도 그것이 개별 주체에게 패턴화되어 나타나는 방식은 다를 수 있다. 철학, 사회학 등에서는 일인칭 시점에서 행위자가 지각하고 경험하는 세계를 생활세계(lifeworld)라고 개념화한다(예, Agre & Horswill, 1997; Berger & Luckmann, 1966).

되는 것은 단순히 과학기술전문가 개인의 이야기가 아니라 조직화된 프로그램을 통해 과학기술문화를 소통하기 위한 공동체적 노력이다. 즉, 과학기술문화가 대중과 소통될 수 있는 가능성이 과학기술전문가와 연구원들의 행동 하나하나를 통해 구체적으로 실현된 것이다. 둘째, 이동과학교실의 과학쇼는 흥미를 증시하면서도 과학의 내용을 구체적으로 설명하려는 교육적 의도를 반영하고 있다. 예를 들어, “북극 에스키모 남매의 하루”를 주제로 한 과학쇼는 액체상태의 질소를 이용하여 극저온에서 나타나는 물질의 특성을 풍선, 음식, 불꽃과 같은 친숙한 소재를 도입하여 연극 형식으로 소개하고 있는데, 연극의 중간 중간에 해설자(기자)가 등장하여 관련 내용을 소개하는 구조로 이루어져 있다. 이와 같은 구성은 이동과학교실이 추구하는 정서적 소통이 과학 개념 학습과 긴밀하게 연관되어져 있음을 보여준다. 과학대중화 사업으로서 이동과학교실은 학교를 매개로 청소년들을 만나고 과학(화학)교과라는 정규교육과정을 매개로 과학기술에 대해 소통을 시도한다. 그러나 이동과학교실은 보편적인 학교 시스템이 전제하고 있는 일련의 학습과정이나 평가체계와는 다른 구조와 관점을 지니고 있기 때문에 청소년들에게 정규과학교육과는 다른 소재와 활동을 통해 과학기술문화를 체험할 수 있는 계기를 제공한다.

1. 텍스트의 과학에서 정서의 과학으로

인지와 정서를 이분법적으로 구분하는 교육 담론의 문제점은 오래전부터 지적되어왔으며(Pintrinch *et al.*, 1993), 최근 들어 활발히 진행되고 있는 뇌신경학 연구는 인지와 감성이 불가분의 관계에 있다는 사실을 경험적인 결과를 바탕으로 제시하고 있다(Damasio, 1999, 2005). 그러나 학습의 인지적 측면을 강조하는 많은 과학교육이론들은 아직도 정서를 인지와 무관하거나 부차적인 것으로 전제함으로써 종종 학습자를 정서가 배제된 사고 기계처럼 가정한다. 본 절에서는 학습자가 고립된 개인이 아닌 몸과 마음과 정서를 통해 사회문화적 활동에 참여하는 행위자이고 인지와 정서는 참여행위를 통해 소통되고 발전하는 과정임을 논의한다. 이를 위해 그 구체적인 사례로 “북극 에스

키모 남매의 하루”를 주제로 초등학생들에게 극저온에서 나타나는 물질의 특성을 소개하는 과학쇼의 한 장면을 제시한다. 이 과학쇼의 전체 구성은 다양한 종류의 시범실험과 그 과학적 원리에 대한 해설로 이루어져 있는데, 주무대에서는 “에스”와 “키모” 남매로 분한 두 연구원이 시범실험을 진행하고 그 중간에 “기자”로 분한 한 명의 연구원이 무대 옆에서 해설을 진행한다. 다음 사례에서 에스와 키모는 입으로 잘 붙어지지 않는 고무풍선을 액체 질소가 들어 있는 페트병에 끼워 어떻게 되는지 실험해보고 있다.

사례 1². 키모가 고무풍선이 끼워진 페트병을 들고 무대 아래로 내려와서 앉아있는 학생들에게 보여준다 * [그림 1a]. 학생들이 앉아있는 좌석 사이를 돌아다니는 사이에 풍선이 점점 부풀어 오른다.

01 키모: 누나, 풍선이 점점 커지고 있어, 이제 묶어야 될 것 같아.

02 에스: 그래, 빨리 올라와, 올라와서 묶어, 그러다가 터지면 어떡하니.

03 키모: 어 이런, 터질 것 같아, 무서워, 누나, 누나가 묶어.

04 에스: 아냐, 이건 너가 묶는거야

05 키모: 누나가 묶어* [그림 1b]

06 에스: 아냐, 묶는거까지 같이 해야지

07 키모: 아, 누나가 묶어, 무서워

08 배경음악: 그대로 멈춰라 ((에스와 키모가 갑자기 동작을 멈추고 무대 오른쪽에서 기자가 등장한다.))

09 기자: 짠

10 기자: 점점 풍선이 커올라서 크고 있어요, 어떡해요.

11 ((풍선이 점점 부풀어서 큰 소리를 내며 터지고 학생들이 소리를 지른다* [그림 1c]))

12 기자: 깜짝 놀라셨죠, 자, 우리, 에스와 키모 남매가 무엇을 이용해서 풍선을 붙였죠?

13 학생들: 액체질소* [그림 1d]

14 기자: 맞아요, 액체질소를 이용해서 풍선을 붙였습니다. 액체 질소의 온도가 몇 도라고 그랬죠?

15 학생들: 마이너스 백구십육도* [그림 1e]

²본 논문에서 사용된 전사본은 관례에 따라 다음과 같은 기호를 사용한다(ten Have, 1999).

* - 별표는 비디오에서 정지영상을 캡처한 부분을 표시한다(캡처된 영상은 별표 그림 참조).

(()) - 주어진 상황에서 부각되어 드러난 행위를 서술할 때 이중 괄호를 사용한다.

..? - 마침표, 쉼표, 물음표 등의 구두점은 문법적인 것이기보다는 현장감을 나타내기 위해 사용된다.

— - 음성분석(피치)을 수행한 부분을 밑줄로 표시한다(음성 분석 결과 및 기본주파수 값은 별표 그림 참조).

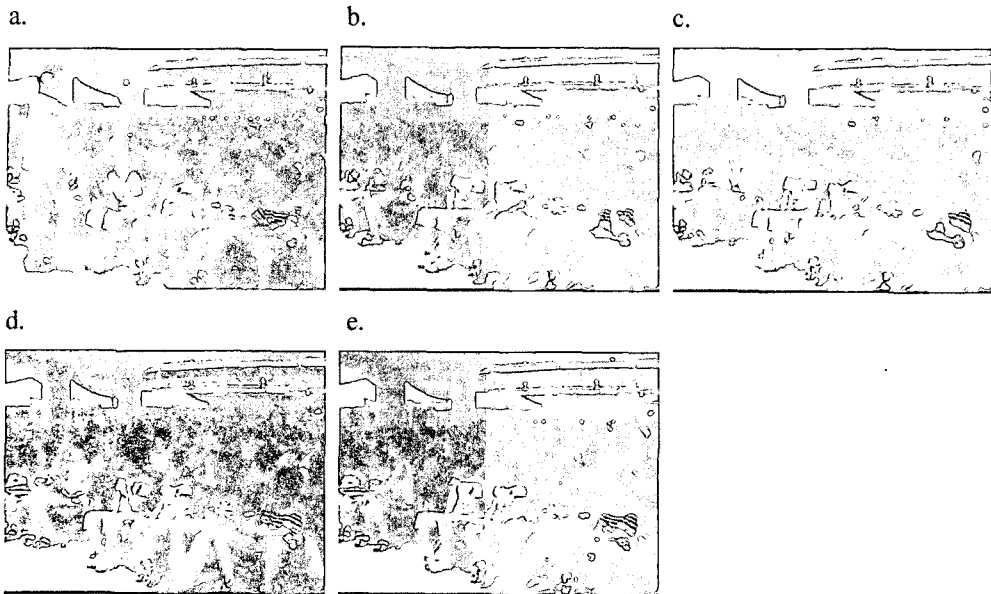


그림 1. a. 학생들이 페트병에 끼워진 고무풍선을 쳐다본다. b. 무대 위의 풍선이 점점 부풀어 오르자 일부 학생들이 귀를 막는다. c. 풍선이 터지자 학생들이 귀를 막고 소리를 지른다. d. 학생들이 손을 들면서 “액체질소”라고 대답한다. e. 학생들이 손을 들면서 “마이너스 백구십육도”라고 대답한다.

학생들에게 고무풍선을 보여주던 키모는 (그림 1a) 풍선이 점점 크게 부풀어 오르는 것을 발견하고는 누나에게 풍선을 묶어야 할 것 같다고 말한다(01). 에스는 키모에게 빨리 올라와서 풍선을 묶으라고 말하고, 키모는 무대로 올라간다(02). 키모는 에스에게 풍선을 묶어달라고 계속 조르지만, 에스는 키모에게 직접 묶으라고 말하고, 둘은 서로에게 역할을 떠넘기며 옥신각신한다(03-07). 그 사이에 풍선은 더욱 부풀어 오르고, 관객석에 앉아 있는 일부 학생들은 손으로 귀를 막는다(그림 1b). 갑자기 “그대로 멈춰라”라는 배경 음악이 나오면서 무대 위의 에스와 키모가 동작을 멈춘다(08). 이와 동시에 무대 오른쪽에 위치한 스크린 앞쪽으로 기자가 등장한다(09). 에스와 키모가 동작을 멈춘 후에도 페트병 위에 있는 고무풍선은 계속 부풀어 오른다. 기자는 학생들에게 풍선이 계속 커지고 있으니 어떡하면 좋냐고 말하고(10), 학생들은 풍선과 기자를 번갈아가면서 쳐다본다. 곧 풍선은 큰 소리를 내며 터진다(11). 학생들은 귀를 막으며 큰 소리를 지른다 (그림 1c). 기자는 학생들에게 놀랐다고 말하면서, 에스키모 남매가 무엇으로 풍선을 불었느냐고 질문을 한다(12). 학생들은 손을 들면서 액체 질소라고 말한다(13). 기자는 맛장구를 치면서 액체질소의 온도가 몇 도라고 했었는지

기억하느냐고 다시 질문한다(14). 학생들은 손을 들면서 마이너스 백구십육도라고 말한다(15).

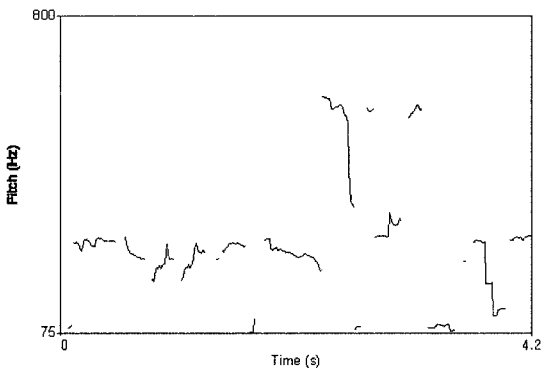
제시된 사례에서 우리는 관객석에 앉아 있는 학생들의 다양한 참여행위들이 무대 위 배우들의 연기와 상호작용하면서 과학쇼를 이끌어 나가고 있음을 볼 수 있다. 학생들은 고무풍선을 들고 있는 배우를 향해 몸과 시선을 향하기도 하고, 손을 귀로 가져가서 막기도 하고, 큰 소리를 지르기도 하고, 손을 들고 큰 소리로 말하기도 하면서 과학쇼에 참여한다. 이와 같은 참여행위는 인지적일뿐 아니라 정서적이다. 풍선을 들고 있는 키모를 향해 웃음을 지으며 몸을 향하는 행위는 행위자에게 팽팽하게 부풀어오른 풍선이 인지적으로 매우 부각되고 있을 뿐 아니라 그 참여 행위 자체가 긍정적인 정서를 바탕으로 하고 있음을 알게 한다. 손을 귀로 가져가서 막는 행위는 행위자가 무대 위의 풍선이 곧 터질 것임 예상하고 있고, 곧 터질 풍선이 현재 행위자를 긴장하게 하는 매우 부각되고 있는 요소임을 알게 한다. 큰 소리로 비명을 지르는 것은 풍선이 터짐으로써 놀랐음을 알게 하며, 말을 하면서 손을 번쩍 드는 것은 질문에 대해 응답하는 것이 현재 행위자에게 중요한 일로 부각되고 있고 상대방이 자신의 대답에 주목할 것을 요청하고 있음을 알게 한다.

여기서 참여행위를 통해 형성되고 소통되고 있는 정서는 사회적인 성격을 지니는 것으로 전체 활동의 흐름 내에서 이해되어야 한다. 예를 들어, 한껏 부풀어 오른 풍선을 보면서 손으로 귀를 막고 풍선이 터지자 소리를 지르는 행위는 앞서 풍선이 부풀어 오르도록 내버려 둔 채 옥신각신하는 두 배우의 행위 그리고 어떡하면 좋으냐고 말하면서도 풍선이 터지도록 내버려두는 기자의 행위와 연결되어 과학쇼의 자연스러운 한 부분을 구성한다. 외부자극에 대한 생물학적인 반응 이상의 적극적인 참여 행위인 것이다. 놀람은 놀람을 느낄만하게 전개되는 그리고 놀람을 느끼는 것이 타당하게 전개되는 상호작용이 있기 때문에 정서적 참여의 역할을 하게 된다. 정서는 과학쇼라는 활동 내에서 전개되는 상호작용의 산물이면서 또한 앞으로 펼쳐질 상호작용의 자원인 것이다. 위 상황에 대해 언어사회학에서 정서 분석을 위해 쓰이는 피치분석(Goodwin & Goodwin, 2000)을 수행해

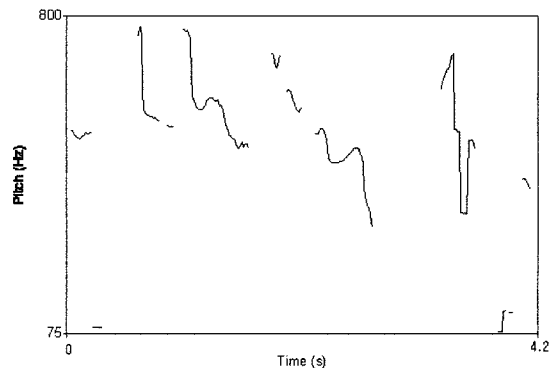
보면 정서의 이러한 사회적 성격이 더욱 분명해진다.

에스키모 남매로 등장한 두 배우의 음성에 대해 피치 분석을 수행한 결과, 과학쇼 전반에 걸쳐 두 사람의 음성은 매우 높은 기본주파수(fundamental frequency: f_0)를 나타내었다. 예를 들어, 에스와 키모가 서로에게 풍선을 묶으라고 말하고 있는 부분(05-06)을 분석해보면(그림 2a), 키모가 “누나가 묶어”라고 말하는 부분의 평균 f_0 는 253 Hz, 에스가 “아냐 묶는 거까지 같이 해야지”라고 말하는 부분의 평균 f_0 는 359 Hz였다. 남매로 분 한 두 연구원이 성인 남녀이고 성인 남녀의 평균 피치가 대략 120 Hz와 230 Hz 근방이라는 점을 감안하면, 두 배우의 대화가 매우 높은 피치로 진행되고 있음을 알 수 있다. 곧이어 “풍선이 커올라서 크고 있어요”라는 기자의 말에 대해 평균 f_0 값을 구하면 558 Hz이다(그림 2b). 높은 피치와 풍선이 더욱 커지고 있다는 급박한 상황서술의 내용까지 고려하면, 에스키모 남매가 옥신각신하

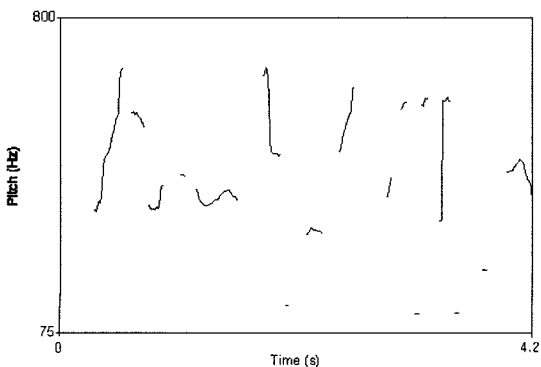
a.



b.



c.



d.

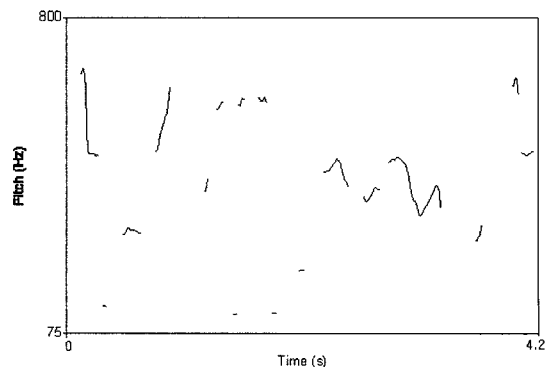


그림 2. a. “누나가 묶어” (평균 $f_0=253\text{Hz}$), “아냐 묶는거까지 같이 해야지” (평균 $f_0=359\text{Hz}$), b. “풍선이 커올라서 크고 있어요” (평균 $f_0=558\text{Hz}$), c. “무엇을 이용해서 풍선을 불었죠” (평균 $f_0=445\text{Hz}$), d. “액체질소” (평균 $f_0=427\text{Hz}$).

던 주무대에서 해설자인 기자에게로 발화의 주도권이 넘어가면서 언어적 상호작용이 상황을 점점 더 고조시켜가고 있음을 볼 수 있다. 이 상황에서 풍선이 터지고 학생들은 이에 대해 크고 높은 소리로 고향을 지른다($f_{\max}=593$ Hz). 학생들이 소리를 지르자 기자는 학생들의 놀람에 공감한다는 듯이 “놀라셨죠”라고 말하면서, 이전보다는 낮기는 하지만 여전히 높은 피치로($f_0=445$ Hz) 무엇 때문에 풍선이 부풀었느냐고 질문을 제기한다(그림 2c). 이에 대해 수백 명의 학생들은 제각기 “액체질소”라고 대답을 한다(그림 2d). 여기서 어린이의 피치값이 보통 300 Hz 전후라는 점을 감안하면 평균 f_0 값 427 Hz 역시 매우 높은 값이다. 즉, 풍선이 터진 후 기자의 음성은 이전의 높은 피치를 유지하면서 고조된 상황을 이어나갔고, 학생들 역시 손을 번쩍 드는 몸짓뿐 아니라 음성의 세기와 높이로서 상황을 전개하는데 참여하였다.

이와 같은 음성 분석의 결과는 해설자(기자)가 등장하여 관련 내용을 설명하는 부분에서도 그 이전의 열띤 상호작용이 지속되고 있음을 보여준다. 또한, 질문에 대답하는 것과 같이 간단해 보이는 인지적 작용이라고 할지라도 그것은 정서적 상호작용을 포함하고 있는 참여 행위임을 보여준다. 액체 질소가 든 페트병 위에 풍선을 씌워 놓으면 질소가 기화되면서 부피가 팽창하여 풍선을 부풀린다는 것을 학습하는 것은 감정이 배제된 정보의 전달과정이라 아니라 어떤 식으로든 정서성이 내포된 상호작용의 과정이다. 과학학습의 인지적 과정은 그 대상에 대한 정서발달의 과정과 떼어놓을 수 없는 관계에 있는 것이다. 어떠한 인지적 활동도 정서성을 배제할 수 없다는 점을 고려한다면, 무미건조한 텍스트로서의 과학은 긍정적 정서의 원활한 소통과 발전을 격려하지 못하는 과학 활동을 지칭할 것이고, 결국 원활한 인지적 상호작용과도 거리가 멀어진다. 본 사례분석은 과학쇼라는 사회문화적 활동이 학생들로 하여금 과학의 현상과 용어를 무미건조한 텍스트로서의 아니라 정서가 담긴 구체적 행위로 소통할 수 있는 과학 학습의 기회를 제공하고 있음을 보여주고 있다. 비단 본 사례와 같은 과학쇼 뿐 아니라 재미있는 과학 활동이란 청소년들로 하여금 정서를 소통할 기회를 풍부히 제공함으로써 긍정적 정서에 바탕을 둔 참여행위가 발현되고 발전하게 하는 활동이라고 볼 수 있다.

2. 참여를 통한 새로운 행위 가능성의 체험

신체화된 참여행위는 어떤 사회문화적 활동이 제공하는 행위 가능성(action possibility)의 구체적인 실현 형태이면서 동시에 그 활동에 대한 인지적이고 정서적인 평가의 측면을 지닌다(Holzkamp, 1983). 앞서의 사례에서 해설자의 질문에 손을 들고 대답을 하는 행위는 이동과학교실이라는 활동이 가능하게 한 것이 되 여기에는 그러한 행위가 현재 활동 내에서 타당하고 받아들여질 만하다는 행위자와 공동체의 평가가 전제되어 있다. 이와 동시에 현재의 참여행위는 공동체 내의 행위자들로 하여금 현재의 활동이 제공하는 행위 가능성을 체험하게 함으로써 앞으로 구체화되어 펼쳐질 참여행위에 영향을 준다. 즉, 참여행위는 그 활동이 제공하는 행위 가능성을 재생산하면서 동시에 새로운 가능성을 생산하는 것이다. 다음에서 소개할 초등학생들의 참여행위 변화과정은 이를 잘 보여주는 사례이다.

본 연구의 대상이 된 과학쇼에서 학생들은 무대에 올라가서 배우들과 함께 직접 실험을 진행해볼 기회를 가질 수 있었다. 극저온을 주제로 한 과학쇼에서는 약 40분간의 진행 동안 네 번의 참여기회가 주어졌다. 실험과제는 각각 휴지로 다트게임하기(약 16분경), 고무장갑 잡아당겨서 끊기(약 20분경), 얼린 과자 먹기(약 25분경), 작은 상자에 여러 개의 고무풍선 집어넣기(약 32분경)였는데, 휴지, 고무장갑, 과자, 고무풍선을 액체 질소에 담가서 상자에 다소 어긋나 보이는 재미있는 현상을 만드는 것이었다. 매 경우마다 에스키모 남매는 “이 휴지로도 이 휴지다트에 잘 꽂을 수 있다하는 친구 한명만 불러서 우리 키모랑 한번 대결해보는게 어때?”와 같이 학생들을 초청할 것임을 미리 암시한 뒤, 손을 든 자원자들 중 한두 명을 무대 위로 올라오게 하였다. 기회가 주어진 네 번 동안, 매번 절반 이상의 학생들이 자원자를 희망하였다. 게다가, 그림 3a, 3b, 3c, 3d를 비교해보면 알 수 있듯이 그 횟수가 거듭될수록 점점 많은 학생들이 손을 들었고, 그 행위자체도 더욱 적극적으로 변해갔다. 손을 더 쪽 뻗어 높이 들거나 일어서는 경우도 있었고, 자신을 선발해달라고 요청하는 목소리의 크기와 높이도 점점 증가하였다.

이 사례에서 매번 많은 학생들이 자원자를 하겠다고 손을 든 것은 무대 위로 올라가서 게임에 참여하는 것이 인지·정서적으로 한 번 해볼 만한 일이라는 학생들의 평가를 나타낸다. 또한 과학쇼 전반에 걸쳐 점점 많은 학생들이 적극적인 참여행위를 보여준 것

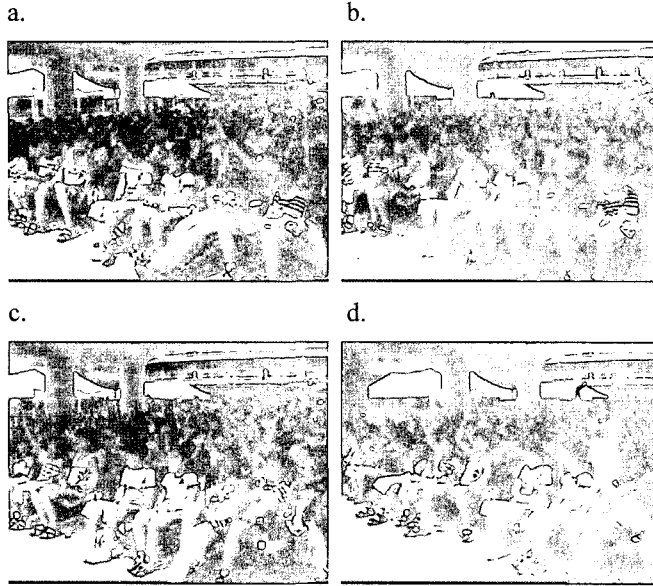


그림 3. a. 휴지다트게임, b. 고무장갑 끊어뜨리기 게임, c. 얼린 과자 먹기 게임, d. 작은 통에 여러 개의 풍선 집어넣기 게임에 참여하기 위해 손을 들고 자원하는 학생들의 모습

은 과학쇼가 진행되는 동안 일어난 상호작용이 학생들로 하여금 적극적인 참여가 가져올 인지·정서적 가치를 높게 평가하게 했음을 보여준다. 예를 들어, 어떤 학생이 무대에 올라가 과제를 안전하게 성공적으로 수행하였다면, 그리고 무대에 올라가지 못했더라도 다른 친구가 무대 위에서 수행하는 실험을 주의 깊게 살펴봄으로써 자신도 해볼 만한 것이라고 여기게 되었다면 이 학생들의 다양한 참여행위는 공동체 내에서 더욱 적극적인 참여행위를 불러올 수 있는 자원이 되는 것이다. 즉, 공동체 내 구성원들의 참여행위는 긍정적이든 부정적이든 서로에게 다음 행위가 지향할 인지·정서적 가치를 열어주고 있는 관계에 있음을 알 수 있다.

이와 같은 논의로부터 재미있는 과학이 지니는 사회문화적 특성을 다음과 같이 정리해볼 수 있다. 재미있는 과학은 활동이 진행되는 공동체 내에서 현재의 참여행위를 통해 새로운 행위가능성이 열리는 것을 체험할 수 있는 기회를 제공해야 한다. 여기서 행위가능성이 지닌 인지·정서적 가치는 활동이 진행되고 있는 공동체 단위에서 고려되어야 한다. 한 가지 예로 과학쇼의 내용을 종이에 적게 하여 이를 수행 평가에 반영했던 학교의 경우를 들 수 있다. 이 학교의 학생들은 과학쇼가 진행되는 동안 해설자가 보여주는 슬라이드와 설명의 내용을 종이에 받아쓰는데

많은 시간을 할애하였다. 또한 일부 학생들은 설명이 끝나고 무대 위에서 실험이 진행되는 동안에도 무대에 집중하기 보다는 보고서 용지에 내용을 정리하는데 시간을 할애하였다. 이와 같은 행위들은 학생들의 과학쇼 참여 행위가 수행평가라는 맥락에서 인지·정서적으로 평가받고 있음을 보여주었다.

IV. 결론 및 논의

본 논문에서는 과학대중화사업의 일환으로 시행되고 있는 이동과학교실의 과학쇼에 참여한 초등학생들의 참여행동을 두 가지 사례를 통하여 분석함으로써 재미있는 과학 활동의 특성을 파악하고자 하였다. 참여자들의 행동 및 반응분석과 음성피치분석 등을 사용한 결과, 다음의 두 가지 특성을 얻을 수 있었다. 첫째, 재미있는 과학은 청소년들로 하여금 정서를 소통할 기회를 풍부히 제공함으로써 긍정적 정서에 바탕을 둔 참여행위가 발현되고 발전하게 한다. 둘째, 재미있는 과학은 활동이 진행되는 공동체 내에서 현재의 참여행위를 통해 새로운 행위가능성이 열리는 것을 체험할 수 있는 기회를 제공한다. 이와 같은 특성을 지닌 과학 활동은 본 연구에서 사례로 도입된 과학쇼 뿐 아니라 학교 안팎에서 실행되고 있는 다양한 활동에서 발견될 수 있을 것이다. 실제로 과학

교육의 현장에서 학생들을 대면하는 과학교육자들은 학생들과 정서적으로 소통하고 새로운 가능성을 체험하게 하는 것이 과학학습에서 매우 중요한 부분임을 일상적으로 경험한다. 본 연구에서 사용한 방법을 향후 교육현장에서 발생하는 다양한 학습활동에 적용하여, 정서와 인지의 복잡하게 얽힌 메커니즘을 밝히는 연구가 진행되어야 할 것이다.

아울러 본 연구의 사례분석은 몇 가지 중요한 시사점을 제공한다. 첫째, 어떤 과학 활동의 재미있음의 상당히 많은 부분은 그 프로그램이 구체적인 상황에서 참여자들의 상호작용을 통해 어떻게 실행되고 전개되는가에 달려있다. 계획과 상황화된 행위(situated action) 사이에 존재하는 간극은 인간의 활동이 지니는 고유한 특성이다(Suchman, 1987). 이 간극을 부정적으로 여기고 프로그램 참가자들을 프로그램의 의도에 일방적으로 맞추려고 하기보다는 오히려 이를 새로운 참여행위가 등장할 수 있는 기회로 삼을 필요가 있다. 참여자들이 일인칭의 관점에서 느끼고 경험하는 바가 존중될 때 소통이 가능하고 새로운 참여행위의 발현이 가능하기 때문이다. 둘째, 참여자가 능동성을 발휘할 수 있을수록 재미있음은 반드시 쉽고 자극적인 것만을 의미하는 것은 아니다. 자신의 행위가 자신과 타인에게 새로운 행위 가능성이 열어주는 것을 경험할 때 방어적이기 보다는 확장적인 학습(expansive learning)이 일어나기 때문이다(Holzcamp, 1993). 특히 본 연구에서 사례로 제시한 과학쇼는 놀이동산의 레이저쇼와 같이 과학을 도구로 사용한 행사와는 차별화된 구조를 지님으로서 과학학습의 교육적 의의를 지닌다. 마지막으로 이와 같은 교육적 계기들을 발견하고 창조하기 위해 과학교육연구는 질적 연구방법과 교육적 실천을 접목한 디자인 실험(design experiment)을 시도할 필요가 있고, 특히 이 과정에서 학습자가 신체를 통해 구현하는 언어적 비언어적 참여행위와 사회적 상호작용을 세밀히 분석할 필요가 있다(Brown, 1992; Roth, 2005).

국문 요약

본 연구의 목적은 과학 대중화 사업이 청소년들에게 제공하는 참여와 소통의 기회에 주목함으로써 과학 활동의 재미(즐거움)를 사회문화적이고 실천적인 관점에서 이해하는데 있다. 과학대중화사업의 일환으로 시행되고 있는 이동과학교실에 참여한 초등학생들

의 참여행동을 분석함으로써 재미있는 과학 활동의 특성을 두 가지로 요약할 수 있었다. 첫째, 재미있는 과학은 청소년들로 하여금 정서를 소통할 기회를 풍부히 제공함으로써 긍정적 정서에 바탕을 둔 참여행위가 발현되고 발전하게 한다. 둘째, 재미있는 과학은 활동이 진행되는 공동체 내에서 현재의 참여행위를 통해 새로운 행위가능성이 열리는 것을 체험할 수 있는 기회를 제공한다. 본 연구의 결과는 재미의 인지적인 측면과 정서적인 측면에 통합적으로 접근할 수 있는 이론적 틀을 제시함으로써, 재미있는 과학의 교육적 측면을 이해하고 설계하는데 기여한다.

참고문헌

- 박승재(2000). 청소년 학교 밖 과학 활동 진흥방안 연구. 과학기술부 정책연구용역과제.
- 송진웅(1999). 과학교육의 기본 이념으로서의 과학적 소양. 대구대학교 기초과학연구, 15(3), 대구대학교 기초과학연구소, 73-84.
- Agre, A., & Horswill, I. (1997). Lifeworld analysis. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 6, 111-145.
- Berger, P., & Luckmann, T. (1967). *The social construction of reality*. London: Allan Lane.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom setting. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Damasio, A. R. (1999). *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. San Diego: Harcourt.
- Damasio, A. R. (2005). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Penguin Books.
- Engeström, Y., & Miettinen, R. (1999). Introduction. In Y. Engeström, R. Miettinen & R. Punamäke (Eds.), *Perspectives on activity theory* (pp. 1-16). Cambridge: Cambridge University Press.
- Goodwin, M. H., & Goodwin, C. (2000). Emotion within situated activity. In A. Duranti (Ed.), *Linguistic anthropology: A reader* (pp. 239-257). Malden, MA: Blackwell.
- Holzcamp, K. (1983). *Grundlegung der psychologie [Foundations of psychology]*. Frankfurt: Campus.
- Holzcamp, K. (1993). *Lernen: Subjektwissenschaftliche Grundlegung [Learning: A subject-scientific approach]*. Frankfurt: Campus.
- Hwang, S., & Roth, W.-M. (2004). Co-evolving with material artifacts: Learning science through technological design. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 24(1), 76-89.
- Hwang, S., Roth, W.-M., & Pozzer-Ardenghi, L. (2005). Understanding collaborative practice: Reading between

- the [lines] actions. *Outlines*, 7(1), 50-69.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J. (1993). The practice of learning. In, Seth Chaiklin & Jean Lave (Eds.) *Understanding practice: Perspectives on activity and context* (pp. 3-34). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J.(2004). *TIMSS 2003 international science report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades*. MA: TIMSS & PIRLS International Study Center.
- OECD (2004). *Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003*. Paris: OECD.
- Pintrinch, P. R., Marx, R. W., & Bolye, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Roth, W.-M. (2005). *Doing qualitative research: Praxis of method*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Roth, W.-M., Hwang, S., Lee, Y.-J., & Goulart, M. I. M. (2005). *Participation, learning, and identity: Dialectical perspectives*. Berlin: Lehmanns Media.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions: The problems of human-machine communication*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ten Have, P. (1999). *Doing conversation analysis: A practical guide*. London: Sage Publication.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zembylas, M. (2004). Young children's emotional practices while engaged in long-term science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 639-719.